Die innere Reibung wässeriger Lösungen von Kalisalzen und Chloriden und ihr Zusammenhang mit der elektrolytischen Leitfähigkeit.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen Philosophischen Fakultät der Universität Rostock

vorgelegt von

Karl Schneider,

aus Marburg i. H.

Rostock,

Ww. H. Winterberg's Buchdruckerei

1910.

Referent: Professor Dr. A. Heydweiller.

Meinen lieben Eltern!

Einleitung.

Eine grosse Anzahl von Arbeiten,[1] die sich mit dem Studium der inneren Reibung wässriger Salzlösungen beschäftigen, liegt bereits vor. Die meisten beziehen sich auf höhere Konzentrationen, und lassen daher den Einfluss der el. Dissociation auf die Reibungskonstanten nicht genügend erkennen. Mit verdünnteren Lösungen beschäftigt sich die Arbeit von Grüneisen, der 18 Salze untersucht hat und zwar fast nur in 1- bis 0.025fachen Normallösungen. An diese Arbeit schliesst sich die meinige eng an mit der Absicht, durch Beibringung neuen Materials zu einer vollständigen Übersicht zu gelangen. Für die Auswahl war massgebend der Wunsch zur Auffindung weiterer Gesetzmässig-

[1]) Eine Zusammenstellung bieten Landolt Börnsteins Tabellen, 3. Aufl. 1905.

E. Grüneisen, Wiss. Abh. d. Physik.-techn. Reichsanstalt 4. 1905

Von weiteren, neueren Arbeiten sind zu erwähnen:

J. Wagener, Zs. f. phys. Chem. 46, 867—877, 1903,

W. Taylor und C. Ranken, Edin. Proc. 25, S. 231—241, 1903/4.

„ „ „ „ „ Edin. Trans. 45, Teil II Nr. 15, 1906.

W. R. Bousfield, Phil. Trans. 206 A, 1906.

Lyle und R. Hosking, Phil. Mag. 3, S. 487—498.

Fr. H. Getmann, J. Chim. phys. 5, S. 344—363, 1907.

„ „ „ J. Chim. phys. 6, S. 577—583, 1908.

W. H. Green, 2. Teil, J. Chim. Soc. 93, 2049—2063, 1908.

A. Sprung, Landolt und Börnsteins Tabellen l. c.

Die Ergebnisse dieser Arbeit weichen insofern von denen der meinigen und der Grüneisens ab, dass sämtliche Werte von $\frac{\eta - 1}{m}$ ohne jede Gesetzmässigkeit einmal grösser oder kleiner sind, sodass eine Parallelverschiebung der Kurven gegenüber den meinigen und denen Grüneisens eintritt.

keiten, und die Ergebnisse für je eine grössere Reihe von Salzen mit gemeinsamen Kation bezw. Anion zu erhalten, als welche K und Cl gewählt wurden. In dieser Richtung sind die Beobachtungen Grüneisens durch Untersuchung von weiteren 14 Salzen in den Konzentrationen 0.05 bis 4fach normal ergänzt worden. Trotz aller Mühe bei der Herstellung der Lösung sowohl, als auch bei den Beobachtungen selbst, ist es mir leider nicht immer gelungen jenen von Grüneisen erreichten Genauigkeitsgrad auch für meine Untersuchungen zu gewinnen, ohne dass es mir möglich wäre einen sicheren Grund für diese Abweichungen anführen zu können. Während die von Grüneisen, mit verschiedenen Apparaten, an denselben Lösungen gefundenen Zahlen auf einige Zehntausendstel übereinstimmen, sind bei mir Unterschiede von mehreren Tausendstel, namentlich bei höheren Konzentrationen, die Regel; bei den geringeren ist die Übereinstimmung meist etwas besser.

Immerhin dürften die vorliegenden Ergebnisse die meisten übrigen Arbeiten doch noch an Genauigkeit übertreffen, namentlich wegen der im Anschluss an Grüneisen durchgeführten, genaueren Berücksichtigung der Abweichungen von dem Poiseuilleschen Gesetze.

2. Die Versuchsanordnung.

Zu seinen Untersuchungen benutzte Grüneisen Apparate mit gerader und mit gewundener Kapillare. Von einer Verwendung der letzteren Art wurde abgesehen, da in ihnen eine Ablagerung suspendierter Teilchen noch leichter stattfinden kann als in denen der einfachen Form.

Für den ins Auge gefassten Zweck genügen relative Messungen — Bestimmungen der Reibungskoeffizienten der Lösungen im Verhältnis zu dem des Wassers gleicher Temperatur. Es genügt also eine Beobachtung der Zeiten, in denen dieselben Volumina der Lösung und des Wassers unter gleichem Druck eine Kapillare passieren. Nach Poisenilles Gesetz ist dann der relative Reibungskoeffizient der Lösung gegeben durch

$$\eta = \frac{p \, . \, t}{p_0 \, . \, t_0}$$

wenn p_0 und t_0 der Druck und die Ausflusszeit für Wasser, p und t für eine Lösung bei gleicher Temperatur sind. Die mittleren Druckhöhen sind nun für alle Flüssigkeiten gleich, wenn genau gleiche Volumina in das untere Gefäss eingefüllt werden. Dann tritt an Stelle von p und p_0 in obiger Gleichung die Dichte der Lösung und des Wassers bei der betreffenden Temperatur, jedoch vermindert um die Luftdichte λ. Sind s und s_0 die Dichten, so erhalten wir

$$\eta = \frac{(s - \lambda) \, . \, t}{(s_0 - \lambda \, . \, t_0} \; .$$

An diesem Ausdruck ist nun eine Korrektion anzubringen, da bei den zur Verwendung gelangten Apparaten das Poisenillesche Gesetz sich nicht als streng gültig erwies. Lässt man die Flüssigkeit unter verschiedenen Drucken die Kapillare passieren, so bleibt das Produkt aus dem Druck p und der Durchflusszeit t nicht konstant, sondern steigt beschleunigt an mit wachsendem Druck bezw. kleiner werdendem t. Grüneisen berechnete sich diesen Korrektionsfaktor als

$$P = \frac{1 + \varphi_0 \, (t_0)}{1 + \varphi_0 \, (t \frac{\eta}{s})} \; .$$

Um die erforderlichen Korrektionen für meine Beobachtungen zu gewinnen, wiederholte ich mehrere Untersuchungen Grüneisens mit gleichartigen Lösungen und zwar mit solchen des Kaliumjodids von 5 . 6 und einfacher Normalität, und einer Normallösung des Magnesiumsulfates. Die Beziehungen zwischen den Durchflusszeiten in meinen Apparaten und denen in Grüneisens, und die Vergleichung meiner Ergebnisse mit den seinigen, ergab die Korrektionen meiner Apparate für die Durchflusszeiten der untersuchten Lösungen. Die graphische Darstellung dieser Korrektionen gestattete dann auch eine Bestimmung der Korrektionen für andere Durchflusszeiten. Meine Beobachtungen sind also von den vorerwähnten Grüneisens abhängig.

Während Grüneisen die eingefüllten Volumina durch Abwägen oder Einstellen auf eine im unteren Gefässe eingeschmolzene Glasspitze justierte, beurteile ich meine Füllungen nach einer über der Kugel angebrachten Marke. Da der Durchmesser des Zuführungsrohres klein war (etwa 0.4 bis 0.5 cm), so war ein sicheres, genaues Einstellen wie bei einem Masskolben verbürgt. Um eine möglichst grosse Konstanz der Temperatur während des Versuches zu erzielen, wurden die Apparate in ein Wasserbad von etwa 12 Liter Inhalt gebracht, das hinreichend lange die vorgeschriebene Temperatur beibehielt, zumal die Differenz zwischen Zimmer- und Beobachtungstemperatur (18° Celsius) meistens ganz unbeträchtlich war. Zum Ausgleich von Bruchteilen eines Grades verwandte ich eine Glühlampe, die in einem geschlossenen Glasrohre an der einen Seite des Gefässes montiert war. Die Ablesungen der Zeit geschahen mittelst $^1/_5$ sek. Uhren — der Temperatur an einem in Zehntelgrade geteilten, auf ein Normalthermometer bezogenen Thermometer, sodass die Hunderstel noch

gut geschätzt werden konnten. Während jedes Versuches nahm ich mehrere Ablesungen vor, ebenso wurde das Wasserbad öfters mittelst eines Rührers gleichmässig temperiert. Die Lösungen wurden zu gleicher Zeit in zwei Apparaten untersucht, und wo das nicht der Fall, fand eine Wiederholung mit Wasser in dem einen statt, um so eine Kontrolle für den anderen zu erhalten.

3. Der Wasserwert meiner Apparate.

In den Tabellen 1 bis 14 ist in der letzten Kolumne stets der zugehörige Wasserwert verzeichnet, der sich aus den Untersuchungen mit Wasser nach dem betreffenden Salze ergeben hat. Ich wurde zu diesen, so oft wiederholten Beobachtungen dadurch gezwungen, dass ich nur selten eine dauernde Konstanz für die Durchflusszeit des Wassers erreichte. Abgesehen von den Differenzen, die sich bei dem einen Apparat nach den Beobachtungsreihen der KF-Lösungen einstellten und die auf einer kleinen Erweiterung der Kapillare durch Abätzen der Innenfläche beruhten, und von Reparaturen, die jedoch nie die Nachbarschaft der Kapillaren oder die Glasgefässe selbst betrafen, wüsste ich mit Sicherheit keinen Faktor anzuführen, der ein Variieren der Durchflusszeit bedingt hätte. Vielleicht ist die Annahme nicht verfehlt, die dieses stetige Anwachsen der Beobachtungszeiten damit zu erklären sucht, dass suspendierte Teilchen der Lösungen sich in der Kapillare festgesetzt hatten, die selbst einem Vorspülen mit Säuren und Alkohol nicht wichen.

Die Ausmessungen der einzelnen Apparate ergaben folgende Dimensionen:

das Volumen des oberen Gefässes war bei Apparat I 50.9 cm^3

II 53.5 cm^3

III 53.2 cm^3

die Länge der Kapillare betrug bei allen 3 Apparaten 20.0 cm

der Querschnitt q der Kapillare in I war 0.395 mm

II „ 0.389 mm

III „ 0.879 mm

Die Durchflusszeit für Wasser betrug bei Ingebrauchnahme der Apparate bei I 609.3"

II 660.25"

III 307.25"

Die mittlere Druckhöhe ergab sich aus einer grösseren Reihe von Ablesungen für I und II = 28.38 und für Apparat III = 29.70 cm.

4. Die Lösungen.

Es wurden 14 Salze untersucht, und zwar vom Kalium das Bromid, Fluorid, Rhodanid, Chlorat, Jodat, Karbonat, Acetat und Chromat sowie die Chloride von dem Ammonium, Barium, Strontium, Rubidium, Caesium und Kupfer, sodass, wenn wir Grüneisens Versuche hinzunehmen, jetzt Beobachtungen für 13 K Salze und 11 Chloride vorliegen. Falls es die Löslichkeit gestattete, ging ich von der vierfachen Normallösung aus, deren Herstellung bei den obigen Salzen keine Schwierigkeiten bot. Nach vorausgegangenem Trocknen im Exsikkator, wurden die erforderlichen Substanzen, die der chemischen Fabrik von Kahlbaum, Berlin entstammten, direkt durch Abwägung ermittelt. Eine Filtration durch starke Leinwand, die F. Oertel[1] in seiner Dissertation empfiehlt, brachte mir nicht den Vorteil, den er dadurch erreicht zu haben wähnt. Die Herstellung der übrigen Konzentrationen geschah von der Ausgangslösung aus auf die

[1]) F. Örtel, Inaug.-Diss. Breslau 1903.

übliche Weise durch Verdünnung mit destilliertem Wasser mittelst Messkolben verschiedener Grössen.

Herrn Professor Heydweiller bin ich zu Dank verpflichtet für die Bestimmung der Dichten, die bei den geringeren Konzentrationen mit einer sehr genauen Rueprechtschen Analysenwage ausgeführt wurde. Das spezifische Gewicht der Lösungen bis zu einfacher Normalität hinab wurde mit einer Westphalschen Wage gefunden, die noch die $\frac{1}{10\,000}$ zu bestimmen gestattete.

5. Ergebnisse

In den folgenden 14 Tabellen sind die Resultate aller meiner Beobachtungen zusammengestellt.

Hierin bedeuten:

m die Anzahl von Grammäquivalenten im Liter Lösung bei 18°,

$s_{18}/_{18}$ und $s_{18}/_{4}$ die auf Wasser von 18° und 4° bezogene Dichte,

t_{18} die als Mittelwert aus einer Beobachtungsreihe gewonnene Durchflusszeit der Lösung,

η'_{18} den berechneten Reibungskoeffizienten aus der zweiten Gleichung,

η_{18} den mittels des Korrektionsfaktors D, dessen Erklärung in 2 gegeben ist, berechneten Reibungskoeffizienten.

Die vorletzte Kolumne enthält die Mittelwerte, die letzte endlich die zu den Beobachtungsreihen zugehörigen Wasserwerte.

Kaliumfluorid KF. Tabelle 1.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
5.54	1.2468	1.2454	III	505.15	2.0574	1.0124	2.0829	—	306.20
2.77	1.1296	1.1282		386.15	1.4280	1.0087	1.4404	—	305.50
1.385	1.0665	1.0651		337.80	1.1854	1.0045	1.1907	—	303.93
1.0	1.04856	1.04718		327.00	1.1325	1.0032	1.1361	—	302.77
0.5	1.02462	1.02324		314.94	1.0660	1.0018	1.0679	—	302.73
0.2	1.01000	1.00862		307.75	1.0261	1.0008	1.0269	—	302.94
0.1	1.00501	1.00363		305.20	1.0127	1.0005	1.0131	—	302.90

Sulfocyankalium KCNS. Tabelle 2.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.		η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
3.95	1.1789	1.1775	I	536.05		1.0374	0.9967	1.0339	1.0333	609.30
			II		580.05	1.0360	0.9967	1.0326		660.20
1.975	1.0919	1.0905	I	531.72		0.9530	0.9966	0.9497	0.9500	
			II		576.45	0.9535	0.9966	0.9502		
1.005	1.0474	1.0460	I	558.76		0.9606	0.9980	0.9587	0.9587	
			II		605.45	0.9606	0.9980	0.9587		
0.5025	1.02389	1.02251	I	581.85		0.9778	0.9989	0.9767	0.9768	
			II		630.55	0.9779	0.9989	0.9769		
0.201	1.00972	1.00834	I	598.32		0.9915	0.9997	0.9912	0.9915	
			II		648.64	0.9921	0.9997	0.9918		
0.1005	1.00488	1.00350	I	606.05		0.9995	0.9999	0.9994	0.9975	609.30
			I	604.67		0.9956	0.9998	0.9954		610.33
			II		657.04	1.0001	0.9999	1.0000		660.20
			II		661.20	0.9953	0.9998	0.9950		667.60

Kaliumbromid KBr

Tabelle 3.

m $\frac{g \ddot{A}q}{Liter}$	$s_{18\,18}$	$s_{18\,4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
4.032	1.3240	1.3226	II	483.40	0.9697	0.9896	0.9596	0.9599	660.25
			III	227.73	0.9816	0.9782	0.9602		307.25
1.973	1.16120	1.15982	II	531.55	0.9350	0.9936	0.9290	0.9285	
			III	248.55	0.9395	0.9878	0.9280		
0.9833	1.08140	1.08002	II	584.10	0.9568	0.9970	0.9539	0.9533	
			III	272.25	0.9583	0.9942	0.9527		
0.505	1.04163	1.04025	II	617.50	0.9742	0.9984	0.9727	0.9738	
			III	288.32	0.9775	0.9973	0.9749		
0.1976	1.01665	1.01527	II	643.30	0.9906	0.9995	0.9901	0.9887	
			III	298.72	0.9884	0.9990	0.9873		
0.0992	1.00838	1.00700	II	650.20	0.9930	0.9997	0.9927	0.9924	
			III	302 36	0.9923	0.9994	0.9916		

Kaliumacetat $KC_2H_3O_2$

Tabelle 4.

m $\frac{g \ddot{A}q}{Liter}$	$s_{18\,18}$	$s_{18\,4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
3.814	1.1712	1.1698	I	1297.05	2.4936	1.0058	2.5081	2.5059	609.30
			II	1402.95	2.4893	1.0058	2.5037		660.20
1.907	1.0886	1.0872	I	861.93	1.5401	1.0044	1.5469	1.5481	
			II	935.33	1.5424	1.0044	1.5492		
1.00	1.0482	1.0468	I	730.40	1.2566	1.0026	1.2599	1.2619	
			II	793.93	1.2606	1.0026	1.2639		
0.5	1.0245	1.0231	I	669.40	1.1256	1.0014	1.1272	1.1284	
			II	726 87	1.1280	1.0015	1.1297		
0.2	1.00996	1.00858	I	634.00	1.0509	1.0006	1.0516	1.0523	
			II	687.87	1.0523	1.0007	1.0530		
0.1	1.00503	1.00365	II	622.15	1.0262	1.0004	1.0266	1.0288	
			II	676.90	1.0305	1.0004	1.0309		
0.05	1.00250	1.00112	I	616.20	1.0139	1.0002	1.0141	1.0150	
			II	668.95	1.0158	1.0002	1.0160		

Kaliumchlorat $KClO_3$ — Tabelle 5.

m $\frac{\text{g Äq}}{\text{Liter}}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
0.5	1.0388	1.0374	II	626.45	0.9952	0.9988	0.9838	0.9848	660.20
			III	288.4	0 9880	0.9977	0 9858		303 00
0.2	1.01534	1.01396	II	646.13	0.9937	0.9995	0.9932		
			III	297.10	0 9956	0.9991	0 9947	0 9940	303 00
			III	296.96	0.9950	0 9992	0 9942		303 04
0.1	1.00773	1.00635	II	654.60	0.9992	0.99[illegible]9	0.9990	0.9990	302 86
			III	300.35	0.9994	0.9997	0.9991		
0.05	1.00388	1.00250	II	658.13	0 0007	1.0000	1.0007	1.0008	
			III	302.15	0.0011	0.9999	1.0009		303 00

Kaliumjodat KJO_3. — Tabelle 6.

m $\frac{\text{g Äq}}{\text{Liter}}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
0.3	1.05384	1.05246	I	604.12	1.0449	0.9999	1.0448	1.0447	609.3
			II	654.45	1.0447	0.9999	1.0446		660.2
0.2	1.03595	1.03457	I	606.30	1.0309	0 9999	1 0308	1.0305	
			II	656.50	1.0302	0.9999	1.0301		
0.1	1.01801	1.01663	I	611.00	1.0209	1.0000	1 0209		
			II	661.90	1.0207	1.0000	1.0207	1.0152*	
			III	302.50	1.0159	0 9999	1.0152		303 15
0.05	1.00903	1.00765	I	609 50	1.0093	1.0000	1.0093		
			II	660.44	1.0094	1.0000	1.0094	1.0089	
			III	302.92	1.0081	1.0000	1.0081		303.20

*) Die Beobachtungen an den Apperaten I und II wurden bei der Mittelnahme ausgeschlossen, da die Füllungen nicht rein waren.

Kaliumkarbonat $^1/_2$ K_2CO_3

Tabelle 7.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
1.838	1.1058	1.1044	I	726.07	1.3158	1.0024	1.3189	1.3144	610.27
			II	788.87	1.3067	1.0024	1.3099		617.65
0.997	1.0589	1.0575	I	666.65	1.1568	1.0014	1.1584	1.1546	
			II	724.60	1.1493	1.0012	1.1507		
0.4985	1.03024	1.02886	I	636.80	1.0751	1.0006	1.0757	1.0746	
			II	695.15	1.0727	1.0007	1.0735		
0.1994	1.01223	1.01085	I	621.85	1.0315	1.0003	1.0318	1.0309	
			II	679.15	1.0297	1.0003	1.0300		
0.0997	1.00617	1.00479	I	615.90	1.0155	1.0002	1.0156	1.0152	
			II	673.20	1.0147	1.0001	1.0148		

Kaliumchromat $^1/_2$ K_2CrO_4

Tabelle 8.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
3.96	1.2805	1.2791	I	708.20	1.4831	1.0021	1.4863	1.4840	611.60
			II	778.20	1.4789	1.0020	1.4818		674.00
1.98	1.1455	1.1441	I	631.00	1.1820	1.0005	1.1826	1.1820	
			II	694.64	1.1808	1.0005	1.1814		
0.99	1.07439	1.07301	I	613.96	1.0786	1.0000	1.0786	1.0797	
			II	677.92	1.0807	1.0001	1.0808		
0.396	1.03034	1.02896	I	611.64	1.0304	1.0000	1.0304	1.0306	
			II	674.20	1.0307	1.0000	1.0307		
0.198	1.01545	1.01407	I	610.90	1.0143	1.0000	1.0143	1.0142	
			II	673.10	1.0141	1.0000	1.0141		
0.099	1.00773	1.00635	I	611.60	1.0077	1.0000	1.0077	1.0082	
			II	674.60	1.0086	1.0000	1.0086		

Ammoniumchlorid NH_4Cl. Tabelle 9.

m $\frac{g\ \ddot{A}q}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
4.	1.0593	1.0579	I	560.65	0.9691	0.9979	0.9671	0.9677	612.85
			II	611.45	0.9703	0.9979	0.9682		667.65
2.	1.0312	1.0298	I	572.60	0.9635	0.9984	0.9620	0.9626	
			II	624.60	0.9648	0.9984	0.9633		
1.	1.0164	1.0150	I	588.90	0.9767	0.9991	0.9758	0.9766	
			II	642.54	0.9783	0.9991	0.9774		
0.5	1.00849	1.00711	I	599.05	0.9858	0.9995	0.9853	0.9867	
			II	654.30	0.9884	0.9996	0.9880		
0.2	1.00353	1.00215	I	606.87	0.9937	0.9998	0.9935	0.9944	
			II	662.20	0.9954	0.9999	0.9953		
0.1	1.00170	1.0032	I	609.05	0.9955	0.9999	0.9954	0.9961	
			II	664.45	0.9970	0.9999	0.9969		

Rubidiumchlorid RbCl. Tabelle 10.

m $\frac{g\ \ddot{A}q}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
2.0	1.1727	1.1713	I	493.45	0.9463	0.9938	0.9405	—	611.60
1.0	1.0875	1.0861		544.15	0.9673	0.9971	0.9645	—	611.80
0.5	1.04415	1.04277		574.48	0.9805	0.9985	0.9790	—	611.80
0.2	1.01815	1.01677		596.53	0.9927	0.9994	0.9921	0.9915	611.87
			III	295.40	0.9920	0.9989	0.9908		303.20
0.102	1.00910	1.00772	I	602.15	0.9933	0.9996	0.9929	0.9969	611.69
			I	603.76	0.9960	0.9998	0.9958		611.69
			II	667.65	1.0016	0.9998	1.0014		672.69
			III	300.00	0.9981	0.9994	0.9975		303.30

Cäsiumchlorid CsCl. Tabelle 11.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.		γ'_{18}	D.	γ_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
2.0	1.2537	1.2523	I	454.40		0.9320	0.9904	0.9230	—	611.40
1.0	1.1280	1.1266		517.64		0.9552	0.9956	0.9510	—	
0.5	1.06443	1.06305		560.60		0.9761	0.9980	0.9741	0.9731	
				559.43		0.9740	0.9980	0.9721		
0.2	1.02592	1.02454		589.00		0.9884	0.9991	0.9875	0.9883	
				589.98		0.9900	0.9991	0.9891		
0.1	1.01291	1.01153		600.08		0.9942	0.9996	0.9938		
			II		661.10	0.9941	0.9996	0.9937	0.9940	673.65
			II		661.10	0.9948	0.9996	0.9944		673.12

Kupferchlorid $\frac{1}{2}\ CuCl_2$. Tabelle 12.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	γ'_{18}	D.	γ_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
4.308	1.2476	1.2417	I	1025.76	2.0924	1.0056	2.1042	—	611.6
2.154	1.1278	1.1215		793.00	1.4624	1.0034	1.4674	—	
1.077	1.06540	1.06146		698.64	1.2170	1.0019	1.2193	—	
0.538	1.03323	1.03142		656.55	1.1092	1.0009	1.1102	—	
0.2154	1.01331	1.01139		632.70	1.0483	1.0006	1.0489	—	
0.1077	1.00673	1.00535		624.15	1.0274	1.0003	1.0277	—	

Strontiumchlorid ½ $SrCl_2$. — Tabelle 13.

m $\frac{g\ \text{Äq}}{\text{Liter}}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
2.0	1.1362	1.1348	I	703.10	1.3094	1.0020	1.3120	1.3082	610.20
			II	764.70	1.3016	1.0020	1.3043		667.60
0.985	1.06761	1.06623	I	650.45	1.1381	1.0010	1.1393	1.1380	
			II	710.10	1.1357	1.0010	1.1368		
0.4925	1.03419	1.03281	I	631.07	1.0696	1.0004	1.0700	1.0663	
			II	685.47	1.0619	1.0006	1.0626		
0.197	1.01379	1.01241	I	619.64	1.0295	1.0002	1.0297	1.0289	
			II	676.90	1.0279	1.0002	1.0281		
0.0985	1.00699	1.00561	I	616·75	1.0178	1.0002	1.0180	1.0155	
			II	671.80	1.0133	1.0001	1.0134		

Bariumchlorid ½ $BaCl_2$. — Tabelle 14.

m $\frac{g\ \text{Äq}}{\text{Liter}}$	$s_{18/18}$	$s_{18/4}$	Apparat	t_{18} sek.	η'_{18}	D.	η_{18}	Mittel	Wasser t'_{18} sek.
1.99	1.1787	1.1773	I	655.60	1.2685	1.0011	1.2699	1.2666	609.30
			II	706.65	1.2619	1.0011	1.2633		660.20
0.99	1.0898	1.0884	I	625.95	1.1197	1.0004	1.1201	1.1207	
			II	678.95	1.1209	1.0004	1.1213		
0.493	1.0452	1.0438	I	618.53	1.0611	1.0002	1.0613	1.0611	
			II	669.93	1.0607	1.0002	1.0609		
0.197	1.01820	1.01682	I	615.00	1.0278	1.0002	1.0279	1.0282	
			II	666.73	1.0283	1.0002	1.0285		
0.0985	1.00912	1.00774	I	611.75	1.0132	1.0001	1.0133	1.0133	
			II	670.27	1.0132	1.0001	1.0133		

6. Minimum der auf das Äquivalent berechneten Reibungsänderung.

Die Figuren in Tafel 1 bis 3 bieten eine Übersicht über alle meine Zahlenwerte in den Tabellen 1 bis 14. Die Kurven bringen die Beziehung zum Ausdruck, die zwischen innerer Reibung und der Konzentration der Lösung herrscht. Als Ordinate wählte ich ebenso wie Grüneisen $\frac{\eta - 1}{m}$, die auf das Grammäquivalent berechnete Änderung der Wasserreibung, (= Reibungskoeffizienten der Lösung, vermindert um den des Wassers, dividiert durch den Konzentrationsgrad). Als Abszizze dagegen wurde der Dissoziationsgrad $i = \frac{\Delta}{\Delta_0}$ aufgetragen, weil dadurch das Minimum für $\frac{\eta - 1}{m}$ besser hervortritt.

Es ergab sich nun eine Bestätigung der schon von Grüneisen gefundenen Tatsache, dass für alle Elektrolyte, deren Reibungskoeffizienten bestimmt wurden, $\frac{\eta - 1}{m}$ ein Minimum besitzt, ganz gleich ob $\eta >$ oder < 1. Es dürfte nunmehr auch die Annahme zutreffen. die Grüneisen macht, indem er die Dissociation der Moleküle zur Erklärung jener Erscheinung heranzieht. Er sagt dort „Danach würde das Anwachsen der auf das Grammäquivalent berechneten Reibungsänderung in grosser Verdünnung am einfachsten dahin zu deuten sein, dass die Dissociation eines Moleküls die Reibung der Lösung stets vergrössert".

7. Formel für die Änderung der Reibung mit der Konzentration elektrolytischer Lösungen.

Arrhenius[1] hatte aus seinen Untersuchungen über die innere Reibung auf das Gesetz geschlossen, dass $H(x) = A^x$ sei, wenn $H(x)$ die spezifische innere Reibung der Lösung und A eine spezifische Reibungskonstante des gelösten Salzes bedeute. Nachdem diese Gesetzmässigkeit durch eine Reihe von Arbeiten von Reyher[2] Wagner[3] Kanitz[4] und anderer Autoren ihre Bestätigung erfahren, gelang es H. Euler[5] eine neue Formel aufzustellen, nach der die innere Reibung der Elektrolyte sich aus der inneren Reibung der Jonen ergibt. Und zwar ist

$$H = S^x\ A^y\ K^y$$

wenn man mit S die Reibungskonstante des nicht dissociierten Anteils, mit x dessen Konzentration, mit A und y, bezw. K und y die gleichen Grössen für Anion und Kation bezeichnet. Obige Formel geht ohne weiteres aus der von Arrhenius für Lösungsgemische aufgestellten hervor, die $H(xy) = A^x\ B^y$ lautet, wenn man sie nur auf die Molekülenarten eines einzelnen Elektrolyten anwendet. Aber alle diese Formeln geben nicht den eigentlichen Gang der Grösse $\frac{\gamma_1 - 1}{m}$ wieder. Grüneisen gibt deshalb die Ableitung einer anderen Formel, die für $\frac{\gamma_1 - 1}{m}$ folgenden Wert besitzt:

---

[1]) Arrhenius, Zeitschr. f. phys. Chemie 1. S. 292, 1887.
[2]) Reyher, „ „ „ „ 2. „ 744, 1888.
[3]) Wagner, „ „ „ „ 5. „ 30, 1890.
[4]) Kanitz, „ „ „ „ 22. „ 336, 1897.
[5]) Euler, „ „ „ „ 25. „ 539, 1898.

$$\frac{\eta-1}{m} = A_\eta + B_\eta (1-i) + C_\eta m \text{ oder}$$

$$\frac{\eta-1}{m} = B_\eta + (A_\eta - B_\eta) i + C_\eta \cdot m.$$

Die Konstanten haben hierin folgende Bedeutung, wenn m_i die Zahl der dissociierten, m_s die der undissociierten Äquivalente in Lösung darstellt:

$A = \left(\frac{df}{dm_i}\right)$ der Einfluss eines ionisierten g-Äquivalenten

$B = \left(\frac{df}{dm_s}\right)$ der Einfluss eines nicht ionisierten g-Äquivalenten

auf die Reibung des Wassers in unendlicher Verdünnung, wenn also eine wechselseitige Einwirkung des gelösten Stoffes nicht stattfindet.

C_η bezieht sich auf die Änderung des Reibungskoefizienten durch den gegenseitigen Einfluss der gelösten Moleküle, (ionisierten und nichtionisierten), in der Konzentration $m = 1$.

Um die Konstanten zu ermitteln, müsste man eigentlich die Methode der kleinsten Quadrate anwenden; ich sah aber hiervon ab, da bei der beträchtlichen Zahl der Einzelbetrachtungen für jedes Salz diese Methode ausserordentlich mühsam gewesen wäre — um so mühsamer, als man streng genommen, den verschiedenen Werten von $\frac{\eta-1}{m}$, je nach der Konzentration, ein verschiedenes Gewicht hätte beilegen müssen. Bei der doch nur mässigen Genauigkeit der Beobachtungen wäre es deswegen kaum lohnend gewesen dieses Verfahren durchzuführen, weil kleine Verschiebungen in den beobachteten Werten grosse Änderungen in den Konstanten B und C bedingen, die deshalb nur mit beschränkter Genauigkeit zu ermitteln sind.

Für die besser zu bestimmende Konstante A führte aber ein graphisches Ausgleichverfahren, das ich darum vorzog, schneller zum Ziel. Es wurden die beobachteten Werte von $\frac{\eta-1}{m}$ als Ordinate, und die Dissociationsgrade als Abszisse aufgetragen, und die Kurve so gelegt, dass die beobachteten Punkte möglichst gleichmässig auf beiden Seiten der Kurve verteilt waren, d. h. durch Benutzung der Punkte der Kurve annähernd dasselbe erreicht, was das rechnerische Ausgleichsverfahren bezweckt. Für die Berechnung der Konstanten werden nun je drei Punkte der Kurve benutzt, von denen Δ_1 Δ_2 Δ_3 die Werte für $\frac{\eta-1}{m}$ und i_1 i_2 i_3 die zu den betreffenden Konzentrationen gehörigen Dissociationsgrade bedeuten. Zur Bestimmung der drei Unbekannten A, B, C dienen folgende drei Gleichungen:

$$\frac{\eta-1}{m} = B_\eta + (A_\eta - B_\eta)\, i + C_\eta$$

$$C_\eta = \frac{(\Delta_1 - \Delta_3)(i_2 - i_3) - (\Delta_2 - \Delta_3)(i_1 - i_3)}{(m_1 - m_3)(i_2 - i_3) - (m_2 - m_3)(i_1 - i_3)}$$

$$A_\eta - B_\eta = \frac{(\Delta_1 - \Delta_3)(i_2 - i_3) - (\Delta_2 - \Delta_3)(i_1 - i_3)}{-(m_1 - m_3)(i_2 - i_3) + (m_2 - m_3)(i_1 - i_3)}$$

Obwohl obige Formeln aus einer Überlegung nur für weniger konzentrierte Lösungen resultierten, schliessen sie sich doch ohne starke Abweichungen den Beobachtungen für mehrfach normale Lösungen noch gut an. Die Berechnungen meiner Beobachtungen ergaben mit hinlänglicher Sicherheit und Genauigkeit die Grösse A, die ja auch den interessantesten und wichtigsten Teil der Formel repräsentiert, indem sie uns angibt „um wieviel sich die Reibung des Wassers ändern würde, wenn in einem Liter Lösung ein

vollständig dissociiertes Grammäquivalent aufgelöst wäre und ein wechselseitiger Einfluss der Jonen nicht stattfindet."

8. Zusammenstellung der beobachteten und berechneten Werte von $\frac{\eta - 1}{m}$ und η_{18}.

Die Tabellen von 15 bis 28 bieten eine Übersicht und einen Vergleich der beobachteten und berechneten Werte von $\frac{\eta - 1}{m}$ und η_{18}. Es bedeuten hierin:
m den Konzentrationsgrad,
η_{18} und $\frac{\eta - 1}{m}$ mit den Indices „beobachtet" und „berechnet" den entsprechenden Wert,
i den Dissociationsgrad $\frac{\Delta}{\Delta_0}$,
δ die Abweichungen des berechneten Wertes η_{18} von dem beobachteten in $^0/_0$;

Die letzte Kolumne enthält die durch die Berechnung (nach 7.) gefundenen Werte der Konstanten A, B und C.

Kaliumfluorid KF. — Tabelle 15.

m $\frac{g\ \ddot{A}q}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	δ %	
5.54	2.0829	+ 0.1955	0.398	+ 0.1974	2.0937	— 0.5	
2.77	1.4404	+ 0.1590	0.548	+ 0.1570	1.4346	+ 0.4	
1.385	1.1907	+ 0.1377	0.643	+ 0.1395	1.1932	— 0.2	A = + 0.1543
1.00	1.1361	+ 0.1361	0.683	+ 0.1361	1.1361	±	B = + 0.0298
0.5	1.0679	+ 0.1358	0.742	+ 0.1328	1.0664	+ 0.14	C = + 0.0213
0.2	1.0269	+ 0.1345	0.807	+ 0.1345	1.0269	±	
0.1	1.0131	+ 0.1315	0.845	+ 0.1371	1.0137	— 0.05	

Sulfocyankalium KCNS. — Tabelle 16.

m $\frac{g\ \ddot{A}q}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	δ %	
3.95	1.0332	+ 0.0084	0.617	— 0.0025	0.9902	+ 4.3	
1.975	0.9499	— 0.0253	0.717	— 0.0265	0.9477	+ 0.22	A = + 0.0081
1.005	0.9587	— 0.0411	0.755	— 0.0419	0.9578	+ 0.09	B = — 0.3124
0.5025	0.9768	— 0.0462	0.789	— 0.0453	0.9772	— 0.04	C = + 0.0284
0.201	0.9915	— 0.0423	0.832	— 0.0400	0.9920	— 0.05	
0.1005	0.9974	— 0.0253	0.860	— 0.0340	0.9966	+ 0.08	

Kaliumbromid KBr. — Tabelle 17.

m $\frac{g\ \ddot{A}q}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	δ %	
4.032	0.9599	— 0.0100	0.640	— 0.0132	0.9472	[+ 1.33]	
1.973	0.9285	— 0.0362	0.723	— 0.0362	0.9286	— 0.01	A = 0.0566
0.9833	0.9533	— 0.0475	0.760	— 0.0472	0.9536	— 0.03	B = — 0.0648
0.505	0.9738	— 0.0517	0.790	— 0.0525	0.9735	+ 0.03	C = + 0.0115
0.1976	0.9887	— 0.0562	0.824	— 0.0557	0.9891	+ 0.02	
0.0992	0.9924	— 0.0766	0.855	— 0.0566	0.9944	— 0.20	

Kaliumacetat $KC_2H_3O_2$ — Tabelle 18.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta - 1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta - 1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
3.814	2.5059	+ 0.3954	0.336	+ 0.3816	2.4455	+ 2.42	
1.907	1.5481	+ 0.2874	0.525	+ 0.2935	1.5597	— 0.75	A = + 0.3664
1.0	1.2619	+ 0.2619	0.634	+ 0.2624	1.2624	— 0.04	B = — 0.1965
0.5	1.1284	+ 0.2568	0.716	+ 0.2575	1.1288	— 0.035	C = + 0.1020
0.2	1.0523	+ 0.2615	0.792	+ 0.2697	1.0539	— 0.13	
0.1	1.0288	+ 0.2880	0.838	+ 0.2854	1.0284	+ 0.04	
0.05	1.0150	+ 0.3000	0.878	+ 0.3023	1.0151	— 0.01	

Kaliumchlorat $KClO_3$. — Tabelle 19.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta - 1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta - 1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
0.5	0.9848	— 0.0304	0.712	— 0.0309	0.9849	— 0.01	
0.2	0.9940	— 0.0300	0.783	— 0.0300	0.9940	±	A = + 0.1129
0.1	0.9990	— 0.0010	0.828	— 0.0128	0.9988	+ 0.02	B = — 0.7308
0.05	1.0006	+ 0.0012	0.866	+ 0.0098	1.0008	— 0.02	C = + 0.2000

Kaliumjodat KJO_3. — Tabelle 20.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta - 1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta - 1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
0.3	1.0447	+ 0.1491	0.719	+ 0.1505	1.0450	— 0.03	
0.2	1.0305	+ 0.1524	0.755	+ 0.1510	1.0302	+ 0.03	A = + 0.2435
0.1	1.0152	+ 0.1520	0.809	+ 0.1610	1.0161	— 0.09	B = — 0.2859
0.05	1.0089	+ 0.1780	0.853	+ 0.1750	1.0088	— 0.01	C = + 0.1859

Kaliumkarbonat $\frac{1}{2}$ K_2CO_3. Tabelle 21.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
1.838	1.3144	+ 0.1711	0.459	+ 0.1710	1.3143	+ 0.01	
0.997	1.1546	+ 0.1551	0.512	+ 0.1550	1.1545	+ 0.01	A = + 0.2110
0.4985	1.0746	+ 0.1496	0.564	+ 0.1492	1.0743	+ 0.03	B = + 0.0346
0.1994	1.0309	+ 0.1549	0.633	+ 0.1524	1.0304	+ 0.05	C = + 0.0301
0.0997	1.0152	+ 0.1515	0.682	+ 0.1580	1.0158	− 0.06	

Kaliumchromat $\frac{1}{2}$ K_2CrO_4. Tabelle 22.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
3.96	1.4840	+ 0.1222	0.441	+ 0.1219	1.4827	+ 0.09	
1.98	1.1820	+ 0.0919	0.530	+ 0.0949	1.1879	− 0.03	A = + 0.0978
0.99	1.0797	+ 0.0806	0.583	+ 0.0820	1.0804	− 0.06	B = + 0.0192
0.396	1.0306	+ 0.0772	0.646	+ 0.0768	1.0304	+ 0.02	C = + 0.0172
0.198	1.0142	+ 0.0717	0.693	+ 0.0771	1.0152	− 0.1	
0.099	1.0082	+ 0.0828	0.736	+ 0.0787	1.0079	+ 0.03	

Ammoniumchlorid NH_4Cl Tabelle 23.

m $\frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
4.	0.9677	− 0.0081	0.653	− 0.0078	0.9688	− 0.11	
2.	0.9626	− 0.0187	0.708	− 0.0190	0.9620	+ 0.06	A = − 0.0217
1.	0.9766	− 0.0234	0.746	− 0.0242	0.9758	+ 0.08	B = − 0.0576
0.5	0.9867	− 0.0266	0.780	− 0.0263	0.9868	− 0.01	C = + 0.0066
0.2	0.9946	− 0.0270	0.819	− 0.0269	0.9948	− 0.02	
0.1	0.9961	− 0.0390	0.851	− 0.0382	0.9962	− 0.01	

Rubidiumchlorid RbCl. Tabelle 24.

m $\frac{g\ \text{Äq}}{\text{Liter}}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\ ^0/_0$	
2.0	0 9405	— 0.0298	0.727	— 0.0277	0.9446	— 0.4	
1.0	0.9645	— 0.0355	0.761	— 0.0374	0.9625	+ 0.2	A = — 0.0226
0.5	0.9790	— 0.0419	0.788	— 0.0391	0.9803	— 0.1	B = — 0.1418
0.204	0.9915	— 0.0419	0.832	— 0.0398	0.9919	— 0.04	C = + 0.0137
0.101	0.9969	— 0.0305	0.865	— 0.0373	0.9963	+ 0.06	

Cäsiumchlorid CsCl. Tabelle 25.

m $\frac{g\ \text{Äq}}{\text{Liter}}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\ ^0/_0$	
2.0	0.9230	— 0.0385	0.717	— 0.0380	0.9240	— 0.10	
1.0	0.9510	— 0.0491	0.750	— 0.0494	0.9506	+ 0.04	A = — 0.0071
0.5	0.9731	— 0.0269	0.779	— 0.0550	0.9725	+ 0.06	B = — 0.0550
0.2	0.9383	— 0.0117	0.823	— 0.0587	0.9882	+ 0.01	C = + 0.0110
0.1	0.9940	— 0.0060	0.861	— 0.0060	0.9940	±	

Kupferchlorid $^1/_2$ $CuCl_2$. Tabelle 26.

m $\frac{g\ \text{Äq}}{\text{Liter}}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\ ^0/_0$	
4.308	2.1042	+ 0.2826	0.210	+ 0.2865	2.1575	— 2.5	
2.154	1.4674	+ 0.2170	0.378	+ 0.2219	1.4482	+ 1.3	A_η = + 0.3474
1.077	1.2193	+ 0.2015	0.502	+ 0.2126	1.2147	+ 0.038	B_η = — 0.0843
0.538	1.1102	+ 0.2075	0.596	+ 0.2228	1.1125	— 0.2	C_η = + 0.0641
0.2154	1.0489	+ 0.2270	0.689	+ 0.2473	1.0499	— 0.1	
0.1077	1.0277	+ 0.2434	0.743	+ 0.2657	1.0268	+ 0.09	

Strontiumchlorid ½ $SrCl_2$. **Tabelle 27.**

$m \frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
2.	1.3081	+ 0.1541	0.490	+ 0.1546	1.3092	— 0.08	
0.985	1.1380	+ 0.1401	0.578	+ 0.1384	1.1363	+ 0.16	A = + 0.2136
0.4925	1.0663	+ 0.1346	0.639	+ 0.1355	1.0667	— 0.04	B = — 0.0562
0.197	1.0289	+ 0.1467	0.717	+ 0.1447	1.0285	+ 0.04	C = + 0.0393
0.0985	1.0155	+ 0.1575	0.760	+ 0.1525	1.0150	+ 0.05	

Bariumchlorid ½ $BaCl_2$. **Tabelle 28.**

$m \frac{g\ Äq}{Liter}$	η_{18} beobachtet	$\frac{\eta-1}{m}$ beobachtet	$i = \frac{\Lambda}{\Lambda_0}$	$\frac{\eta-1}{m}$ berechnet	η_{18} berechnet	$\delta\%$	
1.99	1.2666	+ 0.1335	0.502	+ 0.1330	1.2647	+ 0.15	
0.99	1.1207	+ 0.1220	0.583	+ 0.1231	1.1219	— 0.11	A = + 0.2126
0.493	1.0611	+ 0.1239	0.643	+ 0.1240	1.0611	+	B = — 0.0824
0.197	1.0282	+ 0.1431	0.709	+ 0.1320	1.0260	+ 0.2	C = + 0.0338
0.0985	1.0132	+ 0.1341	0.756	+ 0.1439	1.0142	— 0.1	

9. Zusammensetzung der inneren Reibung einer verdünnten Salzlösung aus der Reibung der Jonenlösungen.

Bei wachsender Verdünnung setzt sich die Reibungsänderung des Wassers, die durch ein gelöstes Salz hervorgerufen wird, aus den beiden Komponenten zusammen, die dem betreffenden Kation bezw. Anion in grosser Verdünnung eigen sind. Wegen der noch unvollendeten Dissociation in den Lösungen, für die der Reibungskoeffizient hinreichend genau bestimmt werden kann, ist der Nachweis dieser additiven Eigenschaft schwer. Ich habe ausser meinem Zahlenmaterial bei dieser Zusammenstellung noch die Kalisalze und Chloride Grüneisens benutzt, die in den Tabellen 30—31, 33—34 und 36 enthalten sind. Von folgenden Untersuchungen Grüneisens ist Gebrauch gemacht worden: KCl, KNO_3, KJ, $^1/_2\ K_2S_2O_4$, $^1/_2\ K_2C_2O_4$ — KCl, NaCl, LiCl, $^1/_2\ MgCl_2$ und $^1/_2\ CaCl_2$.

Die Zahlen in den Tabellen 29 bis 33 bedeuten die Differenzen der Werte von $\frac{\eta - 1}{m}$ von den angegebenen Salzen, und in der bezeichneten Konzentration. Die letzte Kolumne für $m = 0$ gibt die Differenzen der Konstanten A, direkt aus den Tabellen 15 bis 28 gebildet, für meine Salze, sonst der Grüneisen'schen Arbeit entnommen, für dessen Salze.

Die Tabellen 34 bis 36 enthalten die Differenzen ΔA aller Jonen, die untersucht wurden. „Die Zahlen bedeuten also die Beträge, um welche sich die Reibung einer normalen Lösung, deren Salzgehalt vollkommen dissociiert zu denken ist, ändern würde, wenn das zweite Jon durch das erste, links von ihm stehende ersetzt würde, und ein wechselseitiger Einfluss nicht stattfände“.

Tabelle 29.

	m = 1	m = 0.5	m = 0.2	m = 0.1	m = 0.05	m = 0
KF — $KCNS$	+ 0.178	+ 0.178	— 0.175	+ 0.171		+ 0.146
— KBr	+ 0.183	+ 0.186	+ 0.189	+ 0.194		+ 0.211
— $KC_2H_3O_2$	— 0.126	— 0.125	— 0.135	— 0.148		— 0.212
— $KClO_3$		+ 0.163	+ 0.165	+ 0.149		+ 0.041
— KJO_3			— 0.016	— 0.024		— 0.090
— ½ K_2CO_3	— 0.019	— 0.016	— 0.017	— 0.021		— 0.057
— ½ K_2CrO_4	+ 0.054	+ 0.055	+ 0.058	+ 0.058		+ 0.056
$KCNS$ — KBr	+ 0.005	+ 0.008	+ 0.016	+ 0.017		+ 0.065
— $KC_2H_3O_2$	— 0.304	— 0.303	— 0.310	— 0.309		— 0.358
— $KClO_3$		— 0.015	— 0.010	— 0.022		— 0.105
— KJO_3			— 0.191	— 0.195		— 0.236
— ½ K_2CO_3	— 0.197	— 0.194	— 0.192	— 0.192		— 0.203
— ½ K_2CrO_4	— 0.124	— 0.123	+ 0.117	— 0.113		— 0.090
$KC_2H_3D_2$ — $KClO_3$		+ 0.288	+ 0.300	+ 0.297	+ 0.292	+ 0.253
— KJO_3			+ 0.119	+ 0.124	+ 0.127	+ 0.122
— ½ K_2CO_3	+ 0.107	+ 0.109	+ 0.118	+ 0.127		+ 0.155
— ½ K_2CrO_4	+ 0.180	+ 0.180	+ 0.193	+ 0.206		+ 0.268
$KClO_3$ — KJO_3			— 0.181	— 0.173	— 0.165	— 0.131
— ½ K_2CO_2	— 0.179		— 0.182	— 0.170		— 0.098
— ½ K_2CrO_4	— 0.108		— 0.107	— 0.091		+ 0.015
KJO_3 — ½ K_2CO_3			— 0.001	— 0.003		+ 0.033
— ½ K_2CrO_4			+ 0.074	— 0.082		+ 0.146
½ K_2CO_3 - ½ K_2CrO_4			+ 0.075	+ 0.079		+ 0.113

Tabelle 30.

	m = 1	m = 0.5	m = 0.2	m = 0.1	m = 0.05	m = 0
KCl — KF	— 0.154	— 0.154	— 0.155	— 0.155		— 0.159
— $KCNS$	+ 0.022	+ 0.024	+ 0.020	+ 0.016		— 0.013
— KBr	+ 0.029	+ 0.032	+ 0.036	+ 0.039		+ 0.052
— $KC_2H_3O_2$	— 0.280	— 0.279	— 0.290	— 0.303		— 0.371
— $KClO_3$		+ 0.009	+ 0.010	— 0.006		+ 0.108
— KJO_3			— 0.171	— 0.179		— 0.249
— ½ K_2CO_3	— 0.173	— 0.170	— 0.172	— 0.176		— 0.216
— ½ K_2CrO_4	— 0.100	— 0.099	— 0.097	— 0.097		— 0.103
KNO_3 — KF	— 0.173	— 0.184	— 0.193	— 0.196		— 0.207
— $KCNS$	+ 0.005	— 0.006	— 0.018	— 0.029		— 0.061
— KBr	+ 0.010	+ 0.002	+ 0.002	— 0.002		+ 0.004
— ½ $K_2C_2H_3O_2$	— 0.300	— 0.309	— 0.328	— 0.344	— 0.361	— 0.419
— $KClO_3$		— 0.021	— 0.028	— 0.047	— 0.069	— 0.166
— KJO_3			— 0.209	— 0.220	— 0.234	— 0.297
— ½ K_2CO_3	— 0.192	— 0.200	— 0.210	— 0.217		— 0.264
— ½ K_2CrO_4	— 0.119	— 0.129	— 0.135	— 0.138		— 0.151
KJ — KF	— 0.217	— 0.223	— 0.228	— 0.229		— 0.232
— $KCNS$	— 0.039	— 0.045	— 0.053	— 0.058		— 0.086
— KBr	— 0.034	— 0.037	— 0.037	— 0.035		— 0.135
— $KC_2H_3O_2$	— 0.343	— 0.348	— 0.363	— 0.377		— 0.444

Tabelle 31.

	m = 1	m = 0.5	m = 0.2	m = 0.1	m = 00.5	m = 0
KJ — $KClO_3$		— 0.060	— 0.063	— 0.080	— 0.100	— 0.191
— KJO_3			— 0.244	— 0.253	— 0.265	— 0.322
— ½ K_2CO_3	— 0.236	— 0.239	— 0.245	— 0.250		— 0.289
— ½ K_2CrO_4	— 0.163	— 0.168	— 0,170	— 0.171		— 0.176
½ K_2SO_4 — KF	— 0.035			— 0.026		+ 0.025
— KCNS	+ 0.143			+ 0.145		— 0.171
— KBr	+ 0.148			+ 0.168		+ 0.236
— $KC_2H_3O_2$	— 0.161			— 0.174		— 0.187
— $KClO_3$				+ 0.133		+ 0.066
— KJO_3				— 0.050		— 0.065
— ½ K_2CO_3	— 0.054			— 0.047		— 0.032
— ½ K_2CrO_4	+ 0.019			+ 0.022		+ 0.081
½ $K_2C_2O_4$ — KF	— 0.023	— 0.022	— 0.017	— 0.010		+ 0.034
— KCNS	+ 0.155	+ 0.156	+ 0.158	+ 0.161		+ 0.181
— KBr	+ 0.160	+ 0.164	+ 0.174	+ 0.184		+ 0.246
— $KC_2H_3O_2$	— 0.149	— 0.147	— 0.152	— 0.158		— 0.177
— $KClO_3$		+ 0.141	+ 0.148	+ 0.139		+ 0.076
— KJO_3			— 0.033	— 0.034		— 0.055
— ½ K_2CO_3	— 0.042	— 0.038	— 0.034	— 0.031		— 0.022
— ½ K_2CrO_4	+ 0.031	+ 0.033	+ 0.041	+ 0.048		+ 0.091

Tabelle 32.

NH_4Cl — RbCl	+ 0.013	+ 0.013	— 0.001	— 0.001		+ 0.001
— CsCl	+ 0.025	+ 0.029	+ 0.022	+ 0.022		— 0.015
— ½ $CuCl_2$	— 0.237	— 0.249	— 0.304	— 0.304		— 0.383
— ½ $SrCl_2$	— 0.162	— 0.162	— 0.191	— 0.191		— 0.236
— ½ $BaCl_2$	— 0.147	— 0.150	— 0.182	— 0.182		— 0.235
RbCl — CsCl	— 0.012	+ 0.016	+ 0.023	+ 0.023		— 0.016
— ½ $CuCl_2$	+ 0.250	— 0.262	— 0.203	— 0.303		— 0.384
— ½ $SrCl_2$	— 0.175	— 0.175	— 0.103	— 0.190		— 0.237
— ½ $BaCl_2$	— 0.160	— 0.163	0.190	— 0.181		— 0.236
CsCl — ½ $CuCl_2$	— 0.262	— 0.278	— 0.326	— 0.326		— 0.368
— ½ $SrCl_2$	— 0.187	— 0.191	— 0.213	— 0.213		— 0.221
— ½ $BaCl_2$	— 0.172	— 0.179	— 0.104	— 0.204		— 0.220
½ $CuCl_2$ — ½ $SrCl_2$	+ 0.075	+ 0.087	+ 0.113	+ 0.113		+ 0.147
— ½ $BaCl_2$	+ 0.090	+ 0.099	+ 0.122	+ 0.122		+ 0.148
½ $SrCl_2$ — ½ $BaCl_2$	+ 0.015	+ 0.012	+ 0.009	+ 0.009		+ 0.001

Tabelle 33.

	m = 1	m = 0.5	m = 0.2	m = 0.1	m = 0.05	m = 0
KCl — NH_4Cl	+ 0.006	+ 0.005	+ 0.007	+ 0.020		+ 0.017
— RbCl	+ 0.019	+ 0.018	+ 0.020	+ 0.019		+ 0.018
— CsCl	+ 0.031	+ 0.034	+ 0.039	+ 0.042		+ 0.002
— ½ $CuCl_2$	— 0.231	— 0.234	— 0.267	— 0.284		— 0.366
— ½ $SrCl_2$	— 0.156	— 0.157	— 0.165	— 0.171		— 0.219
— ½ $BaCl_2$	— 0.141	— 0.145	— 0.152	— 0.162		— 0.218
NaCl — NH_4Cl	+ 0.111	+ 0.107	+ 0.110	+ 0.125		+ 0.134
— RbCl	+ 0.124	+ 0.120	+ 0.123	+ 0.124		+ 0.135
— CsCl	+ 0.136	+ 0.136	+ 0.142	+ 0.147		+ 0.119
— ½ $CuCl_2$	— 0.126	— 0.142	— 0.164	— 0.179		— 0.249
— ½ $SrCl_2$	— 0.051	— 0.055	— 0.062	— 0.066		— 0.102
— ½ $BaCl_2$	— 0.036	— 0.045	— 0.049	— 0.057		— 0.103
LiCl — NH_4Cl	+ 0.174			+ 0.199		+ 0.219
— RbCl	+ 0.187			+ 0.198		+ 0.220
— CsCl	+ 0.199			+ 0.221		+ 0.204
— ½ $CuCl_2$	— 0.063			— 0.105		— 0.164
— ½ $SrCl_2$	+ 0.012			+ 0.008		— 0.017
— ½ $BaCl_2$	+ 0.027			+ 0.017		— 0.016
½ $MgCl_2$ — NH_4Cl	+ 0.237		+ 0.238			+ 0.344
— RbCl	+ 0.250		+ 0.251			+ 0.345
— CsCl	+ 0.262		+ 0.267			+ 0.329
— ½ $CuCl_2$	±		— 0.011			— 0.139
— ½ $SrCl_2$	+ 0.075		+ 0.076			+ 0.108
— ½ $BaCl_2$	+ 0.090		+ 0.088			+ 0.109
½ $CuCl_2$ — NH_4Cl	+ 0.174	+ 0.177		+ 0.205		+ 0.248
— RbCl	+ 0.187	+ 0.190		+ 0.204		+ 0.249
— CsCl	+ 0.199	+ 0.206		+ 0.227		+ 0.233
— ½ $CuCl_2$	— 0.063	— 0.072		— 0.099		— 0.135
— ½ $SrCl_2$	+ 0.012	+ 0.015		+ 0.014		+ 0.012
— ½ $BaCl_2$	+ 0.027	+ 0.027		+ 0.023		+ 0.013

Tabelle 34.

	Aus der Verbindung mit	Δ A
Cl — F	K	— 0.159
— NCS		— 0.013
— Br		+ 0.052
— $C_2H_3O_2$		— 0.371
— ClO_3		— 0.108
— JO_3		— 0.249
— ½ CO_3		— 0.216
— ½ CrO_4		— 0.103
NO_3 — F		— 0.207
— CNS		— 0.061
— Br		+ 0.004
— $C_2H_3O_2$		— 0.419
— ClO_3		— 0.163
— JO_3		— 0.297
— ½ CO_3		— 0.264
— ½ CrO_4		— 0.151
J — F		— 0.232
— CNS		— 0.086
— Br		— 0.135
— $C_2H_3O_2$		— 0.444
— ClO_3		— 0.191
— JO_3		— 0.322
— ½ CO_3		— 0.289
— ½ CrO_4		— 0.176
½ SO_4 — F		+ 0.025
— CNS		+ 0.171
— Br		+ 0.236
— $C_2H_3O_2$		— 0.187
— ClO_3		+ 0.066
— JO_3		— 0.065
— ½ CO_3		— 0.032
— ½ CrO_4		+ 0.081
½ C_2O_4 — F		+ 0.035
— CNS		+ 0.181
— Br		+ 0.246
— $C_2H_3O_2$		— 0.177
— ClO_3		+ 0.076
— JO_3		— 0.055
— ½ CO_3		— 0.022
— ½ CrO_4		+ 0.091

Tabelle 35.

	Aus der Verbindung mit	Δ A
F — SCN	K	+ 0.146
— Br		+ 0.211
— $C_2H_3O_2$		— 0.212
— ClO_3		+ 0.041
— JO_3		— 0.090
— ½ CO_3		— 0.057
— ½ CrO_4		+ 0.056
SCN — Br		+ 0.065
— $C_2H_3C_2$		— 0.358
— ClO_3		— 0.105
— JO_3		— 0.236
— ½ CO_3		— 0.203
— ½ CrO_4		— 0.090
$C_2H_3O_2$ — ClO_3		+ 0.253
— JO_3		+ 0.122
— ½ CO_3		+ 0.155
— ½ CrO_4		+ 0.268
ClO_3 — JO_3		— 0.131
— ½ CO_3		— 0.098
— ½ CrO_4		+ 0.015
JO_3 — ½ CO_3		+ 0.033
— ½ CrO_4		+ 0.146
½ CO_3 - ½ CrO_4		+ 0.113
NH_4 — Rb	Cl	+ 0.001
— Cs		— 0.015
— ½ Cu		— 0.383
— ½ Sr		— 0.236
— ½ Ba		— 0.235
Rb — Cs		— 0.016
— ½ Cu		— 0.384
— ½ Sr		— 0.237
— ½ Ba		— 0.236
Cs — ½ Cu		— 0.368
— ½ Sr		— 0.221
— ½ Ba		— 0.220
½ Cu — ½ Sr		+ 0.147
— ½ Ba		+ 0.148
½ Sr — ½ Ba		+ 0.001

Tabelle 36.

	Aus der Verbindung mit	Δ A		Aus der Verbindung mit	Δ A
K — NH_4	Cl	+ 0.017	— ½ Cu	Cl	— 0.164
— Rb		+ 0.018	— ½ Sr		— 0.017
— Cs		+ 0.002	— ½ Ba		— 0.016
— ½ Cu		— 0.366	½ Mg — NH_4		+ 0.344
— ½ Sr		— 0.219	— Rb		+ 0.345
— ½ Ba		— 0.218	— Cs		+ 0.329
Na — NH_4		+ 0.134	— ½ Cu		— 0.039
— Rb		+ 0.135	— ½ Sr		+ 0.103
— Cs		+ 0.119	— ½ Ba		+ 0.109
— ½ Cu		— 0.249	½ Ca — NH_4		+ 0.248
— ½ Sr		— 0.102	— Rb		+ 0.249
— ½ Ba		— 0.103	— Cs		+ 0.233
Li — NH_4		+ 0.219	— ½ Cu		— 0.135
— Rb		+ 0.220	— ½ Sr		+ 0.012
— Cs		+ 0.204	— ½ Ba		+ 0.013

10. Empirische Beziehung zwischen der Reibung der Jonenlösung und der elektrolytischen Beweglichkeit des Jon.

Die Deutung der durch die Versuche gefundenen Konstanten A ist die, dass sie die Veränderung der Reibung des reinen Wassers angibt, wenn ein vollständig dissociiertes Grammäquivalent Salz in einem Liter gelöst wäre. Grüneisen macht die willkürliche Annahme, dass diese Änderung bei KCl sich gleichmässig auf Kation und Anion verteile; dies ist auch wegen der nahezu gleichen Beweglichkeit in gewissem Sinne berechtigt. Die additive Eigenschaft von $\left(\frac{\eta - 1}{m}\right)_{m=0}$ macht es uns nun möglich durch Zugrundelegung irgend eines solchen willkürlichen Reibungswertes für ein Jon, wie oben für K und Cl — 0,003, eine Berechnung für die übrigen Jonen durchzuführen, indem wir die in den Tabellen 34 bis 36 gegebenen ΔA addieren. Die „Reibung einer normalen Jonenlösung" erhalten wir alsdann durch Addition von 1, der Reibung des reinen Wassers. Werden die Reibungen der Jonenlösungen eines Salzes mit $\eta_{J'}$ und $\eta_{J''}$ bezeichnet, so muss deren Summe vermindert um 2 wieder die Konstante A ergeben.

Ich berechnete mit den von Grüneisen gegebenen Werten K und Cl = — 0.003 aus den Tabellen 34 bezw. 36 links oben die Zahlen, die den von mir untersuchten Kationen und Anionen zuzusprechen sind. Die folgende kleine Tabelle bringt die hierbei gewonnenen Resultate, die für die Kationen hinreichend gut stimmen dürften, da hier die grösste Differenz gegen die von Grüneisen gefundenen Werte bei $^1/_2$ Mg $\frac{1}{1000}$ be-

trägt. Anders jedoch bei den Anionen. Hier ergaben sich für JO_3 und $^1/_2$ CrO_4 Abweichungen von 3 bezw. 8 Hunderstel, die aber sicher in Beobachtungsfehlern dieser Salze liegen.

Tabelle 37.

K	— 0.003	Cl	— 0.003
Li*	+ 0.199	JO_3	+ 0.246
Na*	+ 0.114	$C_2H_3O_2$	+ 0.368
$^1/_2$ Mg*	+ 0.324	F	+ 0.156
$^1/_2$ Cu	+ 0.363	ClO_3	+ 0.111
$^1/_2$ Ca	+ 0.228	SCNS	+ 0.010
$^1/_2$ Sr	+ 0.216	$^1/_2$ CO_3	+ 0.213
$^1/_2$ Ba	+ 0.215	Cl*	— 0.003
NH_4	— 0.020	$^1/_2$ CrO_4	+ 0.100
Rb	— 0.021		
Cs	— 0.005		

Die mit * bezeichneten Werte sind Neuberechnungen der Grüneisenschen Ergebnisse mit den meinigen.

In der letzten Tabelle sind die Grössen, die sich für die Jonenreibung ergeben haben, aufgenommen, indem die Zahlen in Tabelle 37 zu 1. der Reibung des reinen Wassers, addiert wurden. Die beiden anderen Kolumnen enthalten die elektrolytische Beweglichkeit l_0 und deren reziproken Wert $\frac{1}{l_0}$ multipliziert mit 100, um die Ergebnisse in gleicher Weise in Tafel 4 wie bei Grüneisen auftragen zu können.

Tabelle 38.

	η_J	l_0**	$^1/_{l_0} \cdot 100$		η_J	l_0**	$^1/_{l_0} \cdot 100$
Li*	1.199	33.4	2.994	JO_3	1.246	33.9	2.950
Na*	1.114	43.5	2 299	$C_2H_3O_2$	1.368	35.0	2.857
½ Mg*	1.324	45.0	2.222	F	1.156	46.6	2.146
½ Cu	1.363	46.0	2.174	ClO_3	1.111	55.0	1.818
½ Ca	1.228	51.0	1.961	SCN	1.010	56.6	1.767
½ Sr	1.216	51.0	1.961	½ CO_3	1.213	60.0	1.667
½ Ba	1.215	55.0	1.818	Cl*	0.997	65.5	1.527
NH_4	0.980	64.0	1.563	½ CrO_4	1.100	72.0	1.389
K*	0.997	64.6	1.548				
Rb	0.979	67.5	1.481				
Cs	0.995	68.0	1.471				

Die mit einem * bezeichneten Werte sind Neuberechnungen der Grüneisenschen Ergebnissen mit den meinigen. ** Die Daten für die elektrolytische Beweglichkeit sind der neusten Auflage des „Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik" entnommen.

Die Tafel 4 zeigt uns die Gruppierung der einzelnen Jonen wenn, ebenso wie bei Grüneisen, ihre „elektrolytische Reibung oder reziproke Beweglichkeit" $100/l_0$ als Abszizze, die Reibung der normalen Jonenlösung als Ordinate aufgetragen wird. Die beiden Hauptgruppen, die Grüneisen unterscheidet, und für die die Wertigkeit der zugehörigen Jonen charakteristisch ist, sind auch bei mir deutlich zu erkennen. Man kann aus einem Vergleich zwischen der Reibung und dem elektrischen Leitvermögen, allem Anscheine nach, auf die Wertigkeit der Jonen schliessen, von denen die zweiwertigen dem lösenden Wasser eine grosse mechanische Reibung geben. „Innerhalb jeder Gruppe ist im grossen und ganzen die Jonenlösung um so grösser, je grösser die elektrolytische Reibung des einzelnen Jon ist."

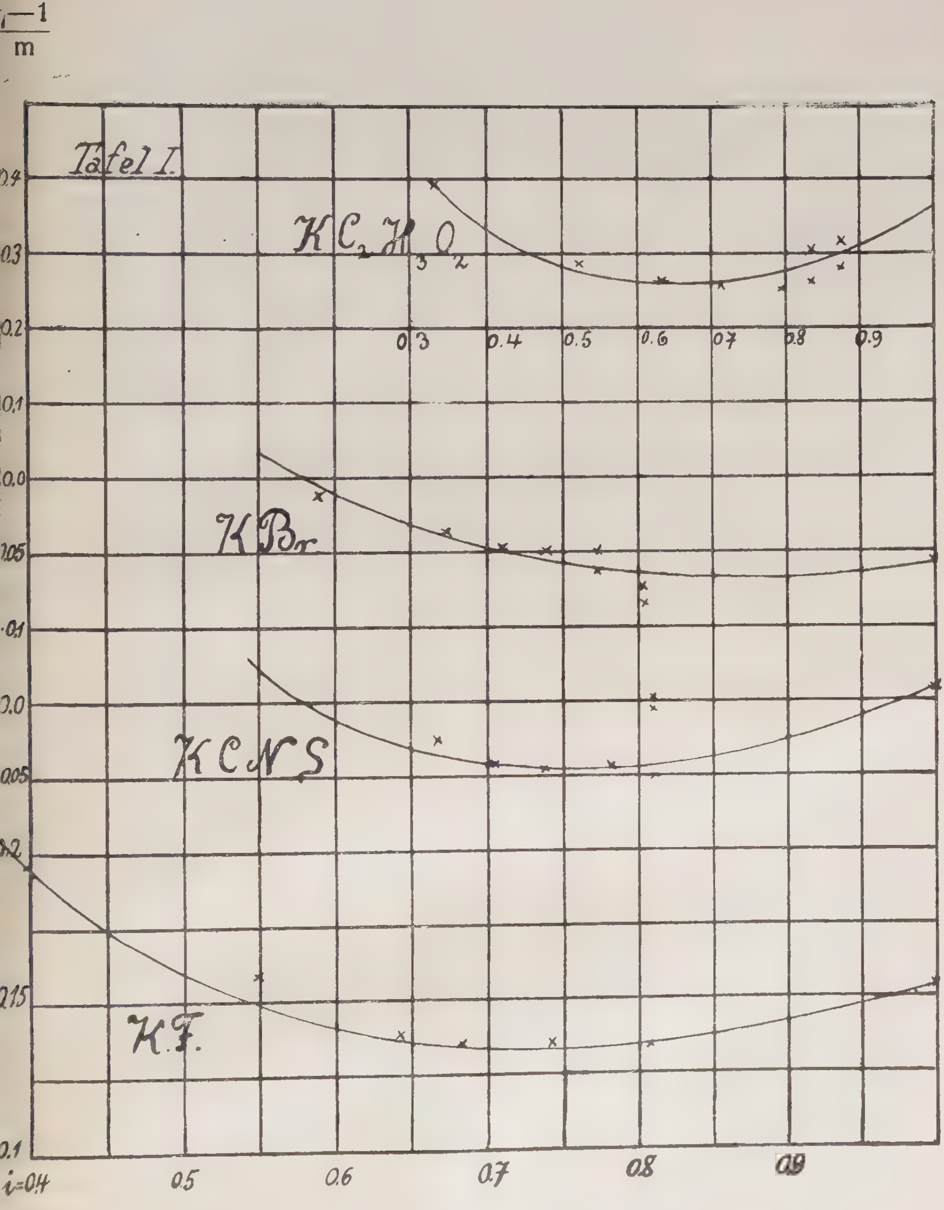
Grüneisen stellt nun die Gleichungen der beiden Geraden, um die sich die einzelnen Jonen gruppieren, auf, und findet für die der einwertigen

$$\eta_J - 0.793 = \frac{13.3}{l_0}$$, und der zweiwertigen

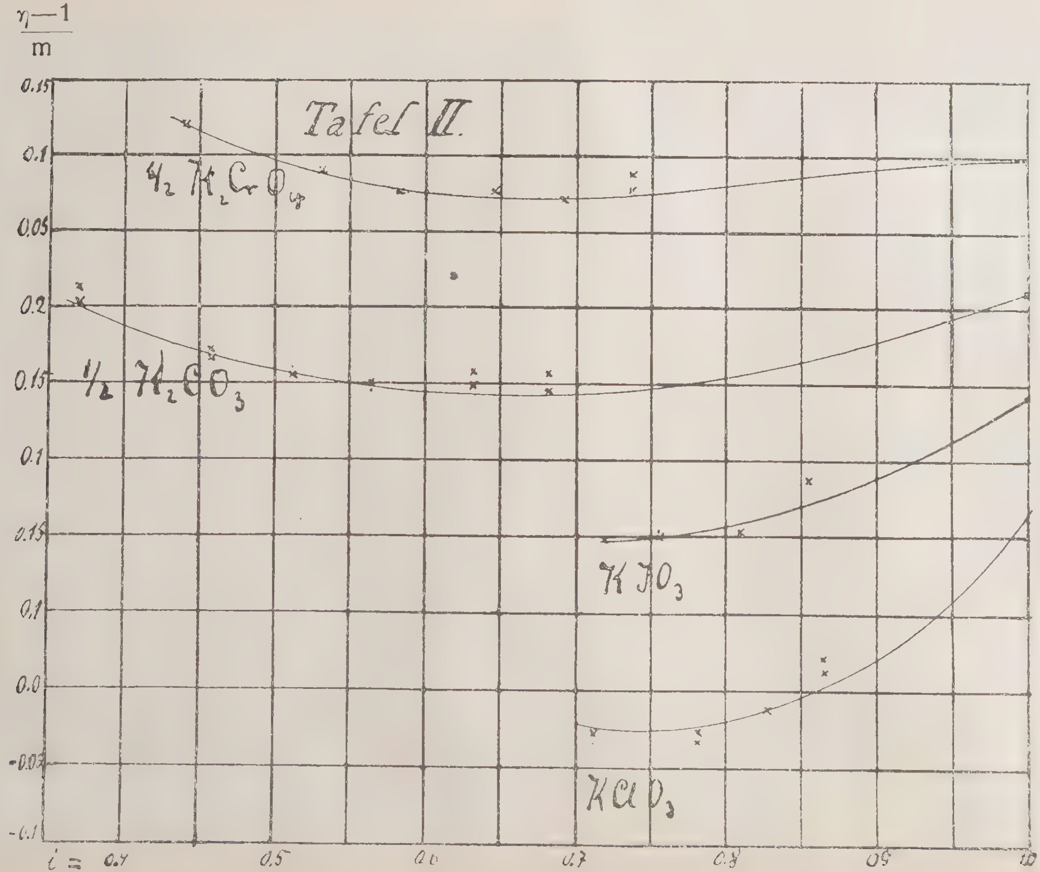
$$\eta_J - 0.793 = \frac{24}{l_0}$$, sodass diese,

wie auch aus den Figuren ersichtlich, etwa die doppelte Neigung gegen die Abszissenachse besitzt. Während bei Grüneisen sich diese beiden Geraden auf der Ordinate schneiden, ist dies bei der günstigsten Lage der meinigen nicht der Fall.

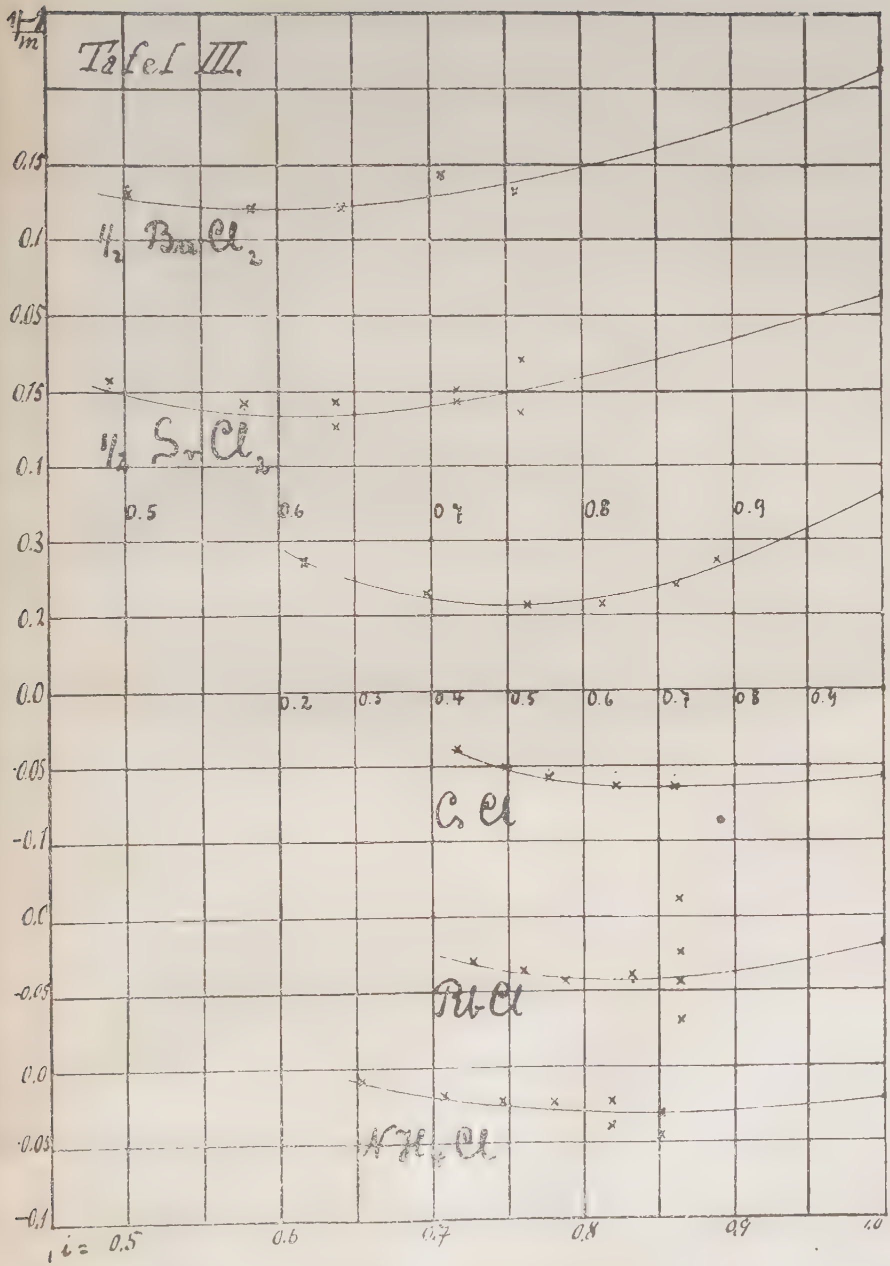
Eine Diskussion der vorerwähnten, empirischen Beziehungen sowohl, als auch der von Euler früher aufgestellten, bieten die letzten Absätze der Grüneisen'schen Veröffentlichung, sodass ich mich hier mit einem Hinweis darauf begnügen kann.



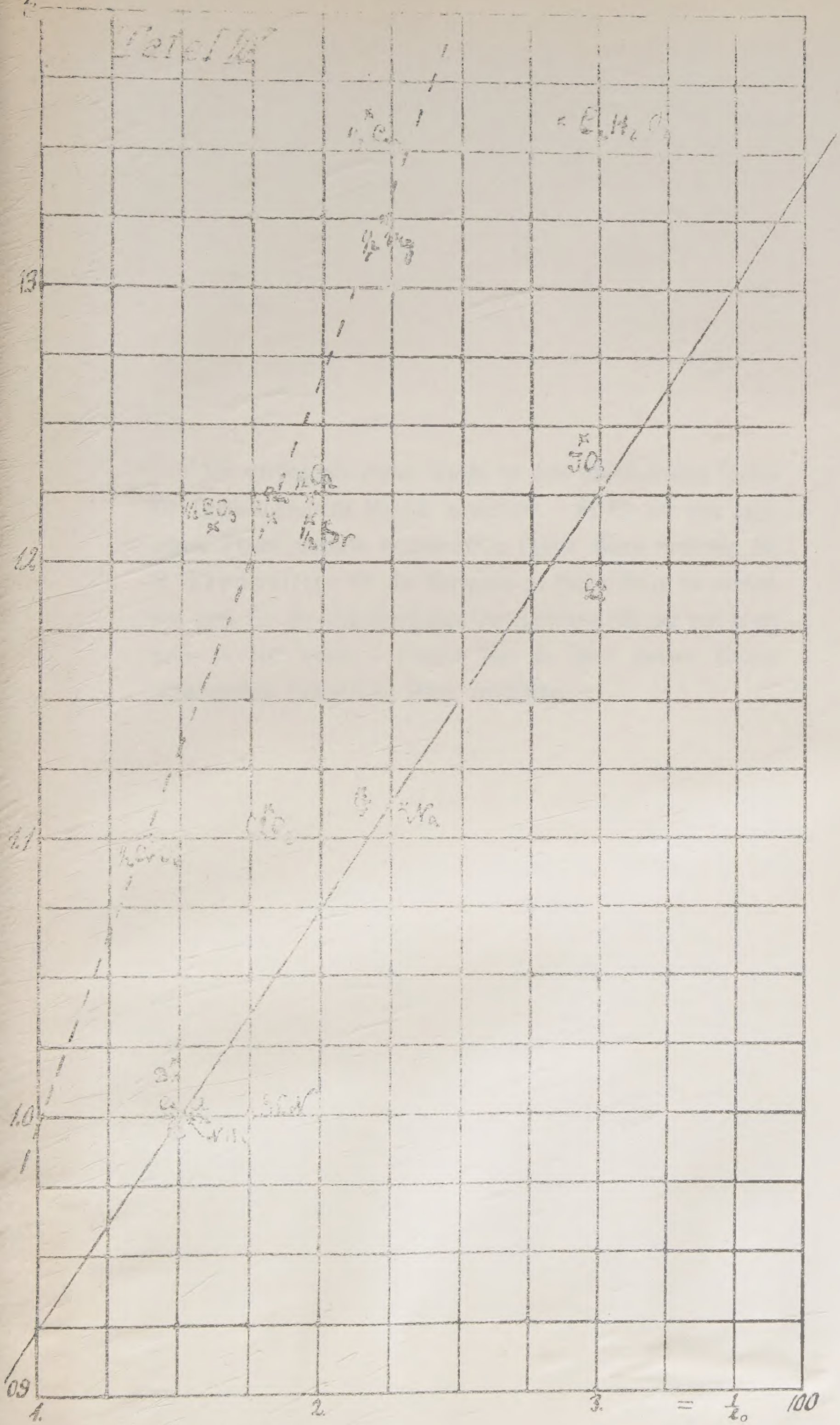
Tafel I.
$KC_2H_3O_2$
KBr
KCNS
K.F.
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
0.2
0.1
0.0
0.05
0.15
i=0.4



Tafel II.
$\frac{\eta - 1}{m}$
$\frac{1}{2} K_2CrO_4$
$\frac{1}{2} K_2CO_3$
KJO_3
$KClO_3$
i = 0.4
0.5
0.7
0.8
0.9
1.0
0.15
0.1
0.05
0.2
0.0



Tafel III.
1/2 BaCl2
1/2 SrCl2
CsCl
RbCl
NH4Cl
0.15
0.1
0.05
0.15
0.1
0.3
0.2
0.0
-0.05
-0.1
0.0
-0.05
0.0
-0.05
-0.1
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
i = 0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1.0



1.3
1.2
1.1
1.0
0.9
1.
2.
3.
= $\frac{1}{t_0}$ 100

Die vorliegende Arbeit wurde in dem physikalischen Institut der Landesuniversität Rostock ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Dr. A. Heydweiller für die Anregung zu dieser Arbeit zu danken, wie auch für die liebenswürdige Unterstützung, die mir von seiner Seite zu teil wurde. Ebenso bin ich allen meinen übrigen akademischen Lehrern zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf.

Ich, Karl Schneider, evangelischer Konfession, wurde am 2. Oktober 1886 zu Winterscheid, Kreis Ziegenhain (Preussn) als Sohn des Eisenbahnoberassistenten Ludwig Schneider und dessen Ehefrau Dorothea, geb. Griesel, geboren. In Marburg a. L., wohin meine Eltern verzogen, gehörte ich dem Gymnasium bis Tertia an und besuchte dann die dortige Oberrealschule, die ich Ostern 1906 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Ich widmete mich dem Studium der Naturwissenschaften an der Universität meines Heimatsortes, die ich nach fünf Semestern verliess, um nach der Landesuniversität Rostock überzusiedeln. Seit Ostern 1909 bin ich als Volontairassistent an dem hiesigen physik. Institut tätig. Mein Examen rigorosum bestand ich am 27. Juli 1910.

Meine akademischen Lehrer waren unter anderen in Marburg: Richarz, Feussner, F. A. Schulze, v. Dalwigk, Hensel, Neumann, Korschelt, Meyer; in Rostock: A. Heydweiller, Weber, Staude, Falkenberg.